

PAT-NO: JP02001152336A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2001152336 A

TITLE: OPTICAL THIN FILM MANUFACTURING APPARATUS, AND
OPTICAL
THIN FILM MANUFACTURING METHOD

PUBN-DATE: June 5, 2001

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
OKUMURA, MASARU	N/A

INT-CL (IPC): C23C014/50, G02B001/10

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical thin film manufacturing apparatus, and an optical thin film manufacturing method which can form an optical thin film uniform in film thickness distribution corresponding to various vapor deposition conditions.

SOLUTION: The optical thin film manufacturing apparatus comprises a lens holder H to rotatably hold a lens L1, a support holder P, and a vapor deposition source S to evaporate a vapor deposition material S1 for forming a thin film toward a surface of the lens L1. A lens side driving mechanism ML and a vapor deposition source side driving mechanism MS to change the relative position of the vapor deposition source S to the support holder P at least in one direction of the horizontal direction, the perpendicular direction and the inclined direction so that the vapor deposition material S1 evaporated from the vapor deposition source S reaches the surface of the lens L1 at a larger angle of incidence at a part higher in vapor density distribution.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-152336

(P 2 0 0 1 - 1 5 2 3 3 6 A)

(43) 公開日 平成13年6月5日(2001.6.5)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-コ-ト' (参考)
C23C 14/50		C23C 14/50	H 2K009
G02B 1/10		G02B 1/10	Z 4K029

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 6 頁)

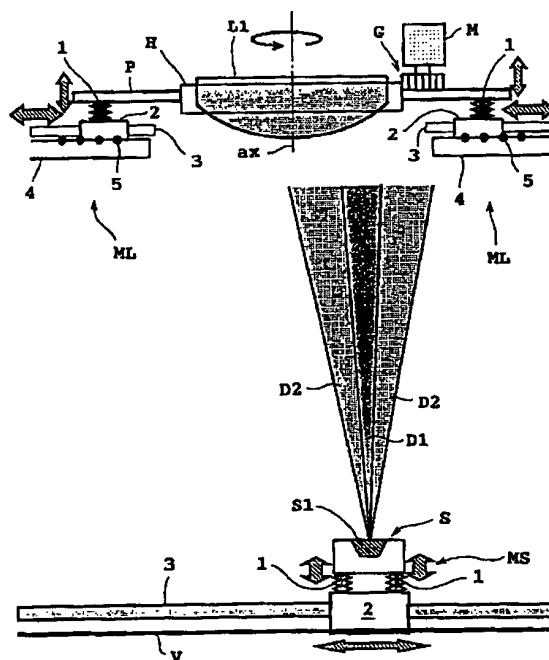
(21) 出願番号	特願平11-331253	(71) 出願人	000006079 ミノルタ株式会社 大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル
(22) 出願日	平成11年11月22日(1999.11.22)	(72) 発明者	奥村 勝 大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪 国際ビル ミノルタ株式会社内
		(74) 代理人	100085501 弁理士 佐野 静夫
		F タ-ム(参考)	2K009 AA02 BB02 CC03 CC06 DD03 DD09 4K029 AA09 AA21 BA42 BB02 BC07 BD00 CA01 JA02 JA08

(54) 【発明の名称】 光学薄膜製造装置と光学薄膜製造方法

(57) 【要約】

【課題】 様々な蒸着条件に対応して膜厚分布の均一な光学薄膜を形成することが可能な光学薄膜製造装置と光学薄膜製造方法を提供する。

【解決手段】 レンズ(L1)を自転可能に保持するレンズホルダー(H)と支持ホルダー(P)、レンズ(L1)の表面に向けて薄膜形成用の蒸着材料(S1)を蒸散させる蒸着源(S)を設けた。蒸着源(S)から蒸散した蒸着材料(S1)が、その蒸気密度分布の高い部分ほどレンズ(L1)の表面に大きな入射角で到達するように、蒸着源(S)と支持ホルダー(P)との相対位置を、水平方向、垂直方向、傾斜方向のうちの少なくとも1つの方向に変化させるレンズ側駆動機構(ML)、蒸着源側駆動機構(MS)を設けた。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光学素子を自転又は自公転可能に保持する保持部材と、前記光学素子の表面に向けて薄膜形成用の蒸着材料を蒸散させる蒸着源を備えた光学薄膜製造装置において、前記蒸着源から蒸散した蒸着材料が、その蒸気密度分布の高い部分ほど前記光学素子の表面に大きな入射角で到達するように、前記蒸着源と前記保持部材との相対位置を、水平方向、垂直方向、傾斜方向のうちの少なくとも 1 つの方向に変化させる可変機構を設けたことを特徴とする光学薄膜製造装置。

【請求項 2】 請求項 1 記載の光学薄膜製造装置を用いて、複数の蒸着材料から成る多層の光学薄膜を形成する光学薄膜製造方法であって、蒸着材料毎に前記蒸着源と前記保持部材との相対位置を前記可変機構で変化させることを特徴とする光学薄膜製造方法。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】本発明は光学薄膜製造装置と光学薄膜製造方法に関するものであり、更に詳しくは、光学素子(例えばレンズ、プリズム、ミラー等)の表面に光学薄膜(例えば反射防止膜等)を形成する成膜装置と成膜方法に関するものである。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】光学素子表面への光学薄膜の形成(すなわち成膜)は、例えば図 4 に示すような光学薄膜製造装置を用いて、真空蒸着法により行われるのが一般的である。この光学薄膜製造装置は、真空排気可能な容器(V)内に蒸着源(S)、ドーム(R)等を備えている。蒸着源(S)には薄膜形成用の蒸着材料(S1)が収容されており、その蒸着材料(S1)が電子線で発生させたジュール熱により加熱され、レンズ(L)の表面に向けて蒸散するようになっている。一方、ドーム(R)にはレンズホルダー(H)を取り付けるための穴が複数形成されており、そのレンズホルダー(H)はレンズ(L)を固定状態で保持するように構成されている。また、ドーム(R)は駆動機構(不図示)により公転軸(AX)を中心に回転し、それに連動してレンズホルダー(H)が自転軸(ax)を中心に回転するように構成されている。レンズホルダー(H)にはレンズ(L)が一体的に固定されているので、ドーム(R)を回転させればレンズ(L)は自公転することになる。

【 0 0 0 3 】成膜を行う際には、まずレンズ(L)をレンズホルダー(H)に固定し、それをドーム(R)にセットした後、容器(V)内を真空排気する。そして、上述したようにドーム(R)を回転させることによりレンズ(L)を自公転させながら、蒸着材料(S1)を加熱蒸散させる。すると、蒸着源(S)から蒸散した蒸着材料(S1)がレンズ(L)の凸面に付着して、光学薄膜が形成される。なお、蒸着材料(S1)の異なる複数の蒸着源(S)を用いて上記蒸着処理を繰

り返せば、多層の光学薄膜を形成することができる。

【 0 0 0 4 】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら図 4 に示す装置には、形成される光学薄膜の膜厚分布にムラが生じるという問題がある。つまり、レンズ(L)の中心部と周辺部とで膜厚にギャップが生じてしまうのである。この問題が生じる原因の一つに、蒸着源(S)から蒸散した蒸着材料(S1)がレンズ(L)の表面に付着する際、その入射角がレンズ(L)の中心部と周辺部とで異なる点が挙げられる。レンズ表面の曲率が大きいほど(すなわち曲率半径が小さいほど)、レンズ周辺部に対する入射角が大きくなるため、レンズ周辺部での膜厚は薄くなり、レンズ周辺部の光学特性が悪化することになる(例えば反射防止特性が短波長側にシフトする)。そして、光学薄膜の膜厚分布にムラがあるレンズを用いると、光学系内で光量バラツキが発生するため、被投影面(ウエハ面)上での照度分布にムラが生じて、投影パターンの露光ムラが生じることになる。また膜厚が薄くなると、密着性不良、膜剥離、曇り等の欠陥が生じ易くなる。

【 0 0 0 5 】上記のような問題があるにもかかわらず、最近の光リソグラフィー装置には曲率の大きいレンズが多く用いられている。それは、解像度を上げるために波長の短いエキシマレーザ光を用いることが多くなってきているからである。短波長の光に対して使用可能な光学材料の屈折率は小さいため、結果として曲率の大きいレンズを多用することになるのである。また、光学系(光リソグラフィー装置の照明光学系等)のコンパクト化やレンズ枚数削減を目的として、曲率の大きいレンズが多用される場合もある。

【 0 0 0 6 】曲率の大きなレンズに膜厚分布の均一な光学薄膜を形成するために、蒸着源を複数配置した装置や蒸着方向を制限するマスクを複数配置した装置が、特開平 1 1 - 1 0 6 9 0 1 号公報、特開平 1 1 - 2 0 0 0 1 7 号公報、特開平 1 1 - 1 0 6 9 0 2 号公報、特開平 1 1 - 1 4 0 6 4 2 号公報等で提案されている。しかしこれらの装置では、光学素子面の多様な曲率や形状、使用する蒸着材料の種類(蒸発特性等)、蒸着雰囲気等の様々な蒸着条件に対応することが困難である。例えば蒸着材料の種類が異なれば、蒸散した蒸着材料の蒸気密度分布も異なってしまうため、これに応じた調整を行うことができれば、光学薄膜の膜厚分布にはムラが生じることとなる。

【 0 0 0 7 】本発明はこのような状況に鑑みてなされたものであって、様々な蒸着条件に対応して膜厚分布の均一な光学薄膜を形成することが可能な光学薄膜製造装置と光学薄膜製造方法を提供することを目的とする。

【 0 0 0 8 】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、第 1 の発明の光学薄膜製造装置は、光学素子を自転又は自公転可能に保持する保持部材と、前記光学素子の

表面に向けて薄膜形成用の蒸着材料を蒸散させる蒸着源を備えた光学薄膜製造装置において、前記蒸着源から蒸散した蒸着材料が、その蒸気密度分布の高い部分ほど前記光学素子の表面に大きな入射角で到達するように、前記蒸着源と前記保持部材との相対位置を、水平方向、垂直方向、傾斜方向のうちの少なくとも1つの方向に変化させる可変機構を設けたことを特徴とする。

【0009】第2の発明の光学薄膜製造方法は、上記第1の発明の光学薄膜製造装置を用いて、複数の蒸着材料から成る多層の光学薄膜を形成する光学薄膜製造方法であって、蒸着材料毎に前記蒸着源と前記保持部材との相対位置を前記可変機構で変化させることを特徴とする。

【0010】

【発明の実施の形態】以下、本発明を実施した光学薄膜製造装置と光学薄膜製造方法を、図面を参照しつつ説明する。図1～図3に、本発明に係る光学薄膜製造装置の一実施の形態を示す。図1～図3に示す装置は同一のものであり、図1と図3はレンズ(L1)の凸面に対する成膜を示しており、図2はレンズ(L2)の凹面に対する成膜を示している。また、図1と図2に示す蒸着材料(S1)と図3に示す蒸着材料(S2)とは種類が異なっており、蒸着特性の異なる蒸着材料(S1, S2)を使用したときの成膜をそれぞれ示している。なお、この光学薄膜製造装置による成膜の対象は、レンズの表面に限らない。例えば、プリズム、ミラー、その他の光学素子の表面に対しても光学薄膜を形成することは可能である。

【0011】この光学薄膜製造装置は、レンズホルダー(H)と支持ホルダー(P)から成る保持部材、レンズ回転用のモーター(M)とギア構造(G)から成るレンズ自転機構、蒸着源(S)、レンズ側駆動機構(ML)、蒸着源側駆動機構(MS)、容器(V)等を備えている。図示のように平板状を成す支持ホルダー(P)には、レンズホルダー(H)を取り付けるための穴が1つ形成されている。レンズホルダー(H)は、平凸のレンズ(L1)や平凹のレンズ(L2)等の光学素子を固定状態で保持しうるように構成されており、モーター(M)の駆動力を伝えるギア構造(G)によって、自転軸(ax)を中心に回転するように構成されている。レンズホルダー(H)にはレンズ(L1, L2)が一体的に固定されているので、モーター(M)をONすればレンズ(L1, L2)は自転することになる。

【0012】この装置は1枚のレンズ(L1, L2)に対して成膜を行う構成になっているが、支持ホルダー(P)にレンズホルダー(H)を取り付けるための穴を複数形成すれば、一度に複数枚のレンズに対して成膜を行うことが可能である。その場合、支持ホルダー(P)の回転駆動にモーター(M)を兼用するか、あるいは支持ホルダー(P)とレンズホルダー(H)とが連動して回転するように構成すればよい。レンズホルダー(H)にはレンズ(L1, L2)が一体的に固定されているので、レンズホルダー(H)と支持ホルダー(P)を回転させればレンズ(L1, L2)は自公転すること

になる。

【0013】蒸着源(S)には薄膜形成用の蒸着材料(S1, S2)が収容されており、その蒸着材料(S1, S2)が電子線で発生させたジュール熱により加熱され、レンズ(L1, L2)の表面に向けて蒸散するようになっている。蒸着材料(S1, S2)は、その蒸着特性に応じた蒸気密度分布で蒸着源(S)から蒸散する。例えば、図1と図2に示す蒸着材料(S1)の蒸気密度分布は、中心部(D1)が高く、周辺部(D2)が低くなる。このような蒸着特性(図1, 図2)を示す蒸着材料(S1)の例としては、フッ化マグネシウム(MgF₂)、酸化チタン(TiO₂)、酸化タンタル(Ta₂O₅)等が挙げられる。一方、図3に示す蒸着材料(S1)の蒸気密度分布は、中間部(d2)が最も高く、中心部(d1)が次に高く、周辺部(d3)が最も低くなる。このような蒸着特性(図3)を示す蒸着材料(S2)の例としては、酸化アルミニウム(Al₂O₃)、酸化ハフニウム(HfO₂)、酸化ケイ素(SiO₂)、酸化ジルコニウム(ZrO₂)と酸化チタン(TiO₂)との混合物等が挙げられる。ただし、いずれの蒸着材料(S1, S2)についても各部の境界は不連続ではなく、高濃度部分の中心をピークとして連続的に変化する蒸気密度分布となる。

【0014】レンズ側駆動機構(ML)は、アクチュエータ(1)、移動ユニット(2)、移動ガイド(3)、支持プレート(4)、コロ(5)等から成る可変機構であり、支持ホルダー(P)の左右両側にそれぞれ配置されている。支持プレート(4)上にはコロ(5)が配置されており、コロ(5)上には移動ユニット(2)が載置されている。移動ユニット(2)はモーター駆動によって移動し、移動ガイド(3)は移動ユニット(2)の水平方向の移動をガイドする。移動ユニット(2)上にはアクチュエータ(1)が取り付けられており、アクチュエータ(1)上には支持ホルダー(P)が取り付けられている。支持ホルダー(P)にはレンズホルダー(H)が取り付けられており、レンズホルダー(H)にはレンズ(L1, L2)が一体的に固定されているので、支持ホルダー(P)を移動させればレンズ(L1, L2)の位置が変化することになる。

【0015】アクチュエータ(1)は、ジャバラ状の部材を伸縮させることにより、支持ホルダー(P)を垂直方向に移動させる構造を有している。支持ホルダー(P)の水平状態を保ちながら左右のアクチュエータ(1)を駆動すれば、蒸着源(S)と支持ホルダー(P)との相対位置を垂直方向に変化させることができる。また、支持ホルダー(P)が傾くように左右のアクチュエータ(1)の駆動量を変化させれば、蒸着源(S)と支持ホルダー(P)との相対位置を傾斜方向に変化させることができる。前述したように、移動ユニット(2)はアクチュエータ(1)を水平方向に移動させる構造を有しており、アクチュエータ(1)上には支持ホルダー(P)が取り付けられている。したがって、移動ユニット(2)を駆動すれば、蒸着源(S)と支持ホルダー(P)との相対位置を水平方向に変化させることができる。なお、アクチュエータ(1)の代わりに、ジャバ

ラ状の部材を手動操作によるボルト締めで伸縮させる構造を用いてもよく、また、移動ユニット(2)や移動ガイド(3)等の代わりに、ボールネジ等の駆動機構を用いてもよい。

【0016】蒸着源側駆動機構(MS)は、アクチュエータ(1)、移動ユニット(2)、移動ガイド(3)等から成る可変機構であり、容器(V)の底面上に配置されている。2つのアクチュエータ(1)上に蒸着源(S)が取り付けられている点を除けば、各部の機能はレンズ側駆動機構(ML)と同様であり、同じ機能を有する部分には同じ符号が付してある。蒸着源(S)の水平状態を保ちながら2つのアクチュエータ(1)を駆動すれば、蒸着源(S)と支持ホルダー(P)との相対位置を垂直方向に変化させることができ、蒸着源(S)が傾くように2つのアクチュエータ(1)の駆動量を変化させれば、蒸着源(S)と支持ホルダー(P)との相対位置を傾斜方向に変化させることができる。また、移動ユニット(2)を駆動すれば、蒸着源(S)と支持ホルダー(P)との相対位置を水平方向に変化させることができる。

【0017】成膜を行う際には、まずレンズ(L1, L2)をレンズホルダー(H)に固定し、それを支持ホルダー(P)にセットした後、容器(V)内を真空排気する。そして、図1～図3に示すように、蒸着源(S)から蒸散した蒸着材料(S1, S2)が、その蒸気密度分布の高い部分ほどレンズ(L1, L2)の表面に大きな入射角で到達するように、蒸着源(S)と支持ホルダー(P)との相対位置(つまり蒸着源(S)とレンズ(L1, L2)の表面との相対位置)を、水平方向、垂直方向、傾斜方向のうちの少なくとも1つの方向に変化させる。この調整により蒸着源(S)とレンズ面との相対的な位置決めを行った後、上述したようにレンズホルダー(H)を回転させることによりレンズ(L1, L2)を自転させながら、蒸着材料(S1, S2)を加熱蒸散させる。すると、蒸着源(S)から蒸散した蒸着材料(S1, S2)がレンズ(L)の凸面(図1、図3)又は凹面(図2)に付着して、膜厚分布の均一な光学薄膜が形成される。

【0018】レンズ側駆動機構(ML)、蒸着源側駆動機構(MS)のうちの少なくとも1つを用いれば、上述したように、蒸着源(S)から蒸散した蒸着材料(S1, S2)が、その蒸気密度分布の高い部分ほどレンズ(L1, L2)の表面に大きな入射角で到達するように、蒸着源(S)と支持ホルダー(P)との相対位置を、水平方向、垂直方向、傾斜方向のうちの少なくとも1つの方向に変化させることができる。レンズ表面の曲率が大きいためにレンズ周辺部に対する入射角が大きい場合でも、上記調整により、レンズ周辺部にはレンズ中心部よりも蒸着材料(S1, S2)が高い蒸気密度で付着することになる。このようにして、レンズ表面に対する入射角の差による影響が、蒸着材料(S1, S2)の蒸気密度分布によってキャンセルされるため、レンズ(L1, L2)の中心部と周辺部とでの膜厚のギャップが小さくなって、形成される光学薄膜の膜厚分布が均一に

なる。膜厚ムラのないレンズを用いれば、光学系内での光量バラツキの発生が防止されるため、被投影面(ウエハ面)上での照度分布は均一になり、投影パターン of 露光ムラが防止される。また、光学薄膜の膜厚分布が均一になるため、密着性不良、膜剥離、曇り等の欠陥も生じにくくなる。

【0019】上記のように蒸着源(S)とレンズ(L1, L2)との相対位置が調整可能になっているため、光学素子面の多様な曲率や形状、使用する蒸着材料の種類(蒸発特性等)、蒸着雰囲気等の様々な蒸着条件に対応することができる。光学素子面の曲率が大きい場合に限らず、例えば図3に示すように蒸発特性の特殊な蒸着材料(S2)を使用した場合でも、膜厚ムラが生じないように成膜することができる。また、蒸着材料の異なる複数の蒸着源を用いて前記蒸着処理を繰り返せば、多層の光学薄膜を形成することができる。このとき、蒸着材料毎に蒸着源(S)と支持ホルダー(P)との相対位置を変化させれば、いずれの層も膜厚ムラのない多層の光学薄膜(マルチコーティング)を形成することができる。したがって、マスクを用いる従来の装置において必要とされていた、蒸着材料毎のマスク交換も必要なくなる。

【0020】上述した各駆動機構(ML, MS)では、移動ユニット(2)の水平方向の移動が一方向に限られるが、これに駆動機構を追加して水平方向の移動を2次的に(つまり各図の紙面に対して垂直方向の水平移動も)行いうるよう構成してもよい。その場合、コロ(5)の代わりにボールを用いれば構成の複雑化を防ぐことができる。また可変機構としてレンズ側駆動機構(ML)のみを用いれば、成膜装置全体の構成を簡単にすることができる。ただし、一般に蒸着源よりも光学素子の方が大きいので、可変機構として蒸着源側駆動機構(MS)のみを用いれば、成膜装置全体をコンパクトにすることができる。

【0021】

【実施例】次に、本発明に係る成膜装置及び成膜方法により得られた光学薄膜を説明する。表1に、レンズ凹面(有効径φ170mm、曲率半径100mm)にフッ化マグネシウム(MgF₂)で単層コーティングを施したときの、レンズ中心部とレンズ周辺部での光学薄膜のデータ(膜厚(nm)、波長365nmでの反射率(%))を示す。比較例の光学薄膜は図4に示す成膜装置を用いて得られたものであり、その成膜装置におけるレンズ(L)の表面中心から蒸着源(S1)までの距離は、垂直方向に600mm、水平方向に0mmである。実施例の光学薄膜は図1～図3に示す成膜装置を用いて得られたものであり、その成膜装置におけるレンズ(L1)の表面中心から蒸着源(S1)までの距離は、垂直方向に600mm、水平方向に65mmである。表1のデータを比較すると明らかなように、図1～図3に示す成膜装置を用いて得られた光学薄膜では、レンズ中心部とレンズ周辺部との膜厚のギャップがほとんどなく、反射率特性の悪化も生じていないことが分かる。

【0022】

【表1】

《レンズ凹面(有効径φ170mm,曲率半径100mm)に成膜した際の比較》

		レンズ中心部	レンズ周辺部
比較例	膜厚(nm)	192	154
	波長365nmでの反射率(%)	0.14	1.65
実施例	膜厚(nm)	192	191
	波長365nmでの反射率(%)	0.14	0.15

【0023】

【発明の効果】以上説明したように本発明に係る光学薄膜製造装置を用いれば、様々な蒸着条件に対応して膜厚分布の均一な光学薄膜を形成することができる。例えば、光学素子面の曲率が大きい場合や蒸発特性の特殊な蒸着材料を使用する場合でも、膜厚ムラが生じないように成膜することができる。また本発明の光学薄膜製造方法によれば、いずれの層も膜厚ムラのない多層の光学薄膜を形成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 レンズ凸面への成膜を行う光学薄膜製造装置の一実施の形態を模式的に示す概略構成図。

【図2】 レンズ凹面への成膜を行う図1の光学薄膜製造装置を模式的に示す概略構成図。

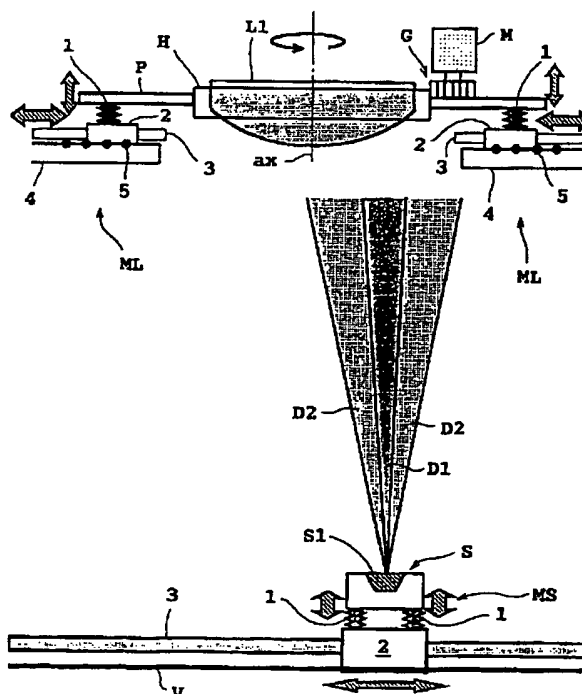
【図3】 蒸発特性の異なる蒸着材料で成膜を行う図1の光学薄膜製造装置を模式的に示す概略構成図。

【図4】 光学薄膜製造装置の従来例を模式的に示す概略構成図。

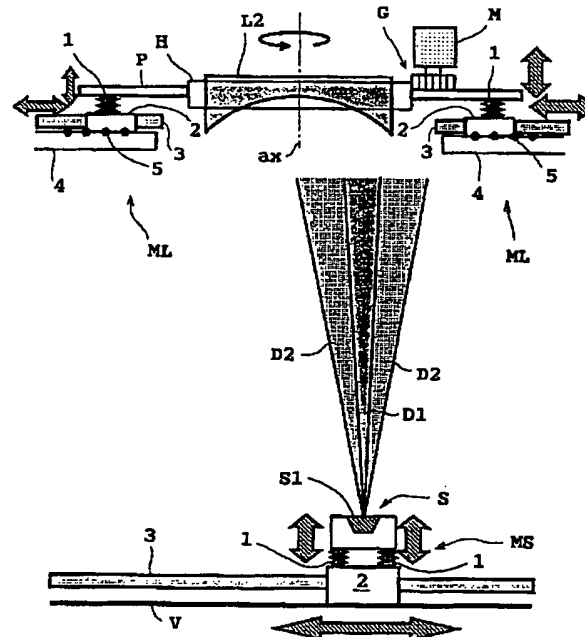
10 【符号の説明】

- S …蒸着源
 S1 …蒸着材料
 S2 …蒸着材料
 L1 …レンズ(光学素子)
 L2 …レンズ(光学素子)
 H …レンズホルダー(保持部材)
 P …支持ホルダー(保持部材)
 ML …レンズ側駆動機構(可変機構)
 MS …蒸着源側駆動機構(可変機構)
 1 …アクチュエータ
 2 …移動ユニット
 3 …移動ガイド
 4 …支持プレート
 5 …コロ
 M …モーター
 G …ギア構造
 ax …自転軸

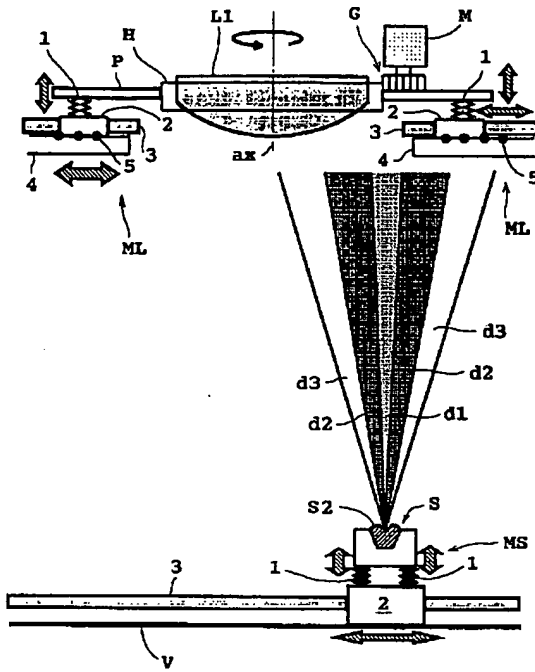
【図1】



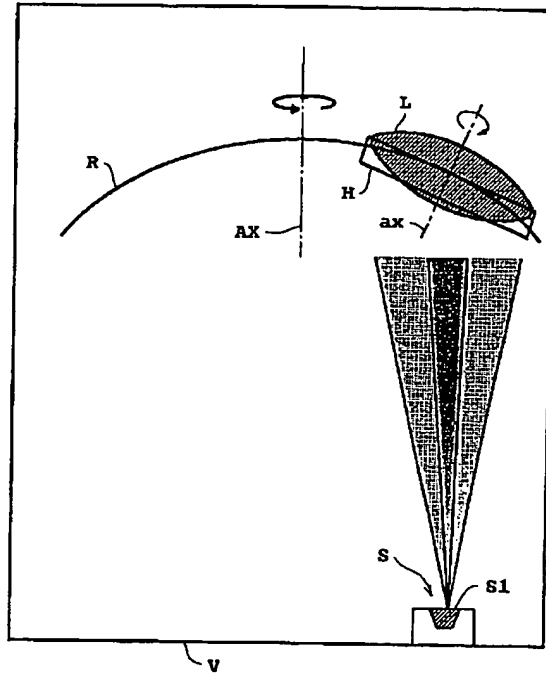
【図2】



【図3】



【図4】



THIS PAGE BLANK (USPTO)